

## Process and device for controlling the braking force distribution in a vehicle

**Patent number:** DE19651460

**Publication date:** 1998-06-18

**Inventor:** DIEHLE STEFAN (DE); PRUHS UWE (DE); MEIER THOMAS (FR)

**Applicant:** BOSCH GMBH ROBERT (DE)

**Classification:**

- **international:** B60T8/26

- **European:** B60T8/00B10F; B60T8/00B10G

**Application number:** DE19961051460 19961211

**Priority number(s):** DE19961051460 19961211

**Also published as:**

WO982580

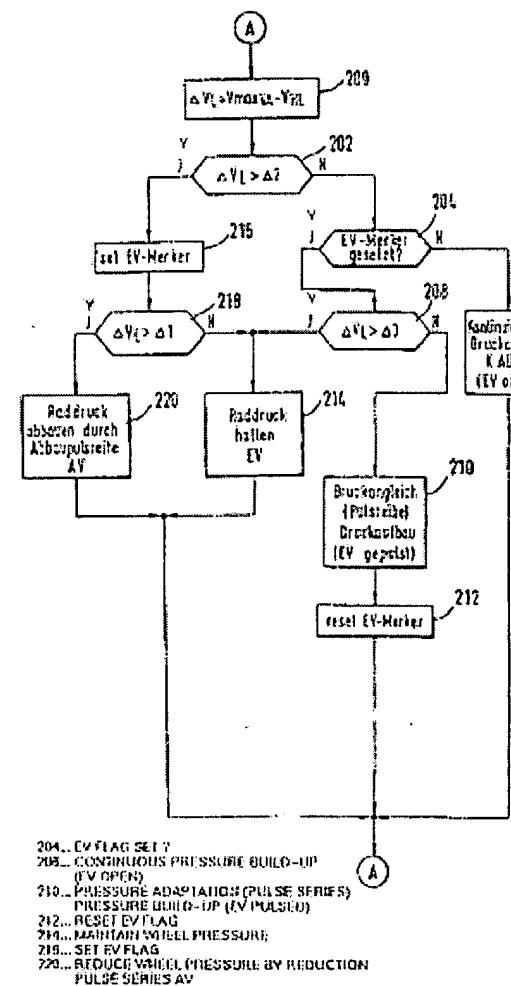
EP0881974

US6322167

EP0881972

### Abstract of DE19651460

The invention concerns a process and a device for controlling the distribution of braking force between the front and rear axles of a vehicle. At least when travelling curves, the braking force is individually adjusted on the rear wheels so that the difference between the speed of the rear wheel and a front wheel speed assumes predetermined values.



⑯ BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENTAMT

⑯ Offenlegungsschrift  
⑯ DE 196 51 460 A 1

⑯ Int. Cl. 6:  
B 60 T 8/26

⑯ Anmelder:

Robert Bosch GmbH, 70469 Stuttgart, DE

⑯ Erfinder:

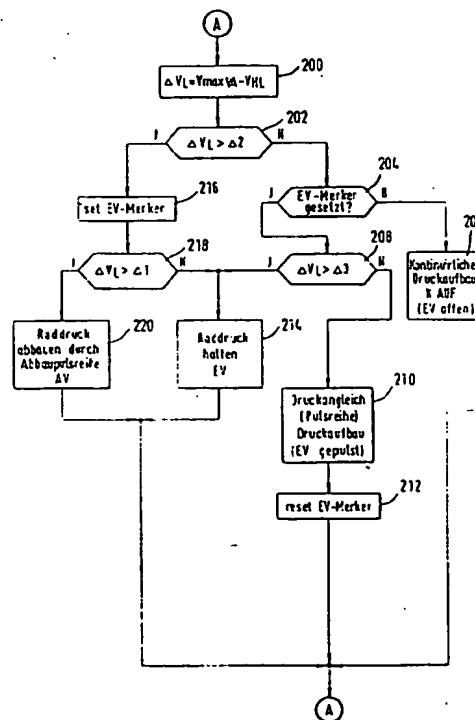
Pruhs, Uwe, 74321 Bietigheim-Bissingen, DE;  
Meier, Thomas, Le Vaudové, FR; Diehle, Stefan,  
70825 Korntal-Münchingen, DE

DE 196 51 460 A 1

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

⑯ Verfahren und Vorrichtung zur Steuerung der Bremskraftverteilung bei einem Fahrzeug

⑯ Es werden ein Verfahren und eine Vorrichtung zur Steuerung der Bremskraftverteilung bei einem Fahrzeug zwischen Vorder- und Hinterachse beschrieben, wobei zumindest bei Kurvenfahrt die Bremskraft an den Hinterrädern individuell eingestellt wird, derart, daß die Differenz zwischen der Geschwindigkeit dieses Hinterrads und einer Vorderradgeschwindigkeit vorbestimmte Werte einnimmt.



DE 196 51 460 A 1

## Beschreibung

## Stand der Technik

Die Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Vorrichtung zur Steuerung der Bremskraftverteilung bei einem Fahrzeug gemäß den Oberbegriffen der unabhängigen Patentansprüche.

Ein derartiges Verfahren bzw. eine derartige Vorrichtung ist beispielsweise aus der EP-B1 509 237 (US-Patent 5 281.012) bekannt. Dort wird die Differenz zwischen dem schnellsten Vorderrad und dem langsamsten Hinterrad gebildet und der Bremsdruck an den Hinterrädern derart eingestellt, daß die Geschwindigkeitsdifferenz zwischen dem schnellsten Vorderrad und dem langsamsten Hinterrad in wesentlichen einen vorgegebenen Wert einnimmt. Bei Bremsungen in Kurven kann der Hinterachsbremsdruck wegen der größer werdenden Geschwindigkeitsdifferenz bis auf Null reduziert werden. Daher ist bei der bekannten Lösung vorgesehen, den Hinterachsbremsdruck auf einen vom Kurvenradius abhängigen Minimalwert zu begrenzen und den vorgegebenen Wert für die Geschwindigkeitsdifferenz an die Fahrzeuggeschwindigkeit anzupassen.

Obwohl diese Lösung die Problematik der Kurvenbremse zufriedenstellend löst, hat es sich gezeigt, daß sie in einigen Fällen, insbesondere bei hohen Kurvengeschwindigkeiten Einschränkungen im Fahrverhalten aufweist, da kein zum Fahrzeuggiermoment gegenstehendes Bremsmoment erzeugt wird.

Es ist daher Aufgabe der Erfindung, eine elektronische Bremskraftverteilungsregelung bei Kurvenbremsungen zu verbessern.

Dies wird durch die kennzeichnenden Merkmale der unabhängigen Patentansprüche erreicht.

## Vorteile der Erfindung

Die erfindungsgemäße Lösung verbessert eine elektronische Bremskraftverteilungsregelung bei Kurvenbremsungen.

Besonders vorteilhaft ist, daß im Teilbremsgebiet die Neigung zum Übersteuern bei Bremsungen nahe an der Kurvengrenzgeschwindigkeit außerhalb des ABS-Regelbereichs durch das durch die erfindungsgemäße Lösung dem Giermoment entgegengerichtete Bremsmoment abnimmt.

Vorteilhaft ist ferner, daß die erfindungsgemäße Bremskraftverteilungsregelung auch im fahrdynamisch kritischen Bereich bei hohen Kurvengeschwindigkeiten (größer als 60 bis 120 km/h) aufrechterhalten wird.

Vorteilhaft ist ferner, daß das durch die Bremsensteuerung erzeugte gegenstehende Moment nicht ruckartig aufgebaut wird, sondern mit Anwachsen des vom Fahrer vorgegebenen Bremsdrucks zur Verfügung steht. Das Fahrzeug wird bei erheblicher Vorteilen im Komfort dennoch ausreichend stabilisiert.

Ferner ist in vorteilhafter Weise die erfindungsgemäße Lösung sehr anpassungsfähig an unterschiedliche Fahrzeuge (Sportwagen, Limousinen, Transporter, etc.), da nach dem Bremskraftverteilungsdiagramm (adaptives Verhalten) geregelt wird.

In vorteilhafter Weise wird durch die Individualregelung der Hinterachse gegenüber der bekannten Select-Low-Regelung nur das halbe Druckvolumen verschoben. Dies bewirkt eine für den Fahrer deutlich spürbare Komforterhöhung bei den Druckaufbauten über den gesamten Geschwindigkeitsbereich.

Ferner ist vorteilhaft, daß keine zusätzliche Hardware zu den bekannten ABS-Systemen (4-Kanal) notwendig ist.

In besonders vorteilhafter Weise wird die erfindungsgemäße Lösung nicht nur bei hydraulischen Bremsanlagen, sondern auch bei pneumatischen, bei elektrisch gesteuerten hydraulischen und pneumatischen Bremsanlagen sowie bei Bremsanlagen mit elektromotorischer Zuspannung angewendet.

Weitere Vorteile ergeben sich aus der nachfolgenden Beschreibung von Ausführungsbeispielen bzw. aus den abhängigen Patentansprüchen.

10

2

## Zeichnung

Die Erfindung wird nachstehend anhand der in der Zeichnung dargestellten Ausführungsformen näher erläutert. Dabei zeigt

Fig. 1 ein Übersichtsblockschaltbild einer Steuereinrichtung zur Steuerung der Radbremsen. Fig. 2 zeigt ein Flußdiagramm, welches ein Realisierungsbeispiel einer elektronischen Bremskraftverteilungsregelung gemäß der erfindungsgemäßen Vorgehensweise als Rechnerprogramm skizziert. In Fig. 3 ist ein erstes Ausführungsbeispiel der Bremskraftverteilungsregelung während Kurvenfahrt dargestellt, dessen Wirkung anhand des Zeitdiagramms nach Fig. 4 verdeutlicht ist. Ein zweites Ausführungsbeispiel für die Bremskraftverteilungsregelung während einer Kurvenfahrt ist in Fig. 5 dargestellt, dessen Wirkung entsprechend im Zeitdiagramm nach Fig. 6 dargestellt ist. Fig. 7 zeigt ein Flußdiagramm, welches die herkömmliche Bremskraftverteilungsregelung während einer Geradeausfahrt beschreibt. In Fig. 8 schließlich sind die am Fahrzeug angreifenden Kräfte und Momente bei Geradeaus- und Kurvenfahrt dargestellt.

## Beschreibung von Ausführungsbeispielen

35

In Fig. 1 ist eine Steuereinrichtung zur Steuerung der Bremsanlage eines Fahrzeugs dargestellt. Die Steuereinheit 10 umfaßt eine Eingangsschaltung 12, wenigstens einen Mikrocomputer 14 und eine Ausgangsschaltung 16. Diese Elemente sind über ein Bussystem 18 zum gegenseitigen Datenaustausch miteinander verbunden. Der Eingangsschaltung 12 werden die Eingangsleitungen 20, 22, 24 und 26 von Raddrehzahlsensoren 28, 30, 32 und 34 zugeführt. Ferner werden ihr Eingangsleitungen 36 bis 38 von Meßeinrichtungen 40 bis 42 zugeführt. Letztere erfassen weitere Betriebsgrößen des Fahrzeugs, der Bremsanlage oder der Antriebsseinheit, die zur Steuerung der Bremsanlage ausgewertet werden. Über Ausgangsleitungen 44 bis 46, die von der Ausgangsschaltung 16 ausgehen, beeinflußt die Steuereinheit 10 über entsprechende Stelleinrichtungen 48 die Radbremsen 50, 52, 54 und 56. Im bevorzugten Ausführungsbeispiel handelt es sich bei der Bremsanlage um eine hydraulische Bremsanlage, wobei die Stelleinrichtungen 48 die aus herkömmlichen ABS- oder ABSR-Systemen bekannten Ventileinrichtungen umfassen. Entsprechend ist in einem anderen Ausführungsbeispiel eine pneumatische Bremsanlage vorgesehen, wobei die Stelleinrichtungen 48 auch hier die aus ABS- bzw. ABSR-Systemen oder elektropneumatischen Bremsanlagen bekannten Ventileinrichtungen umfassen. Die erfindungsgemäße Lösung wird in vorteilhafter Weise auch bei Bremsanlagen mit elektrischer Zuspannung eingesetzt. In diesem Fall umfassen die Stelleinrichtungen 48 Elektromotoren, die von der Steuereinheit 10 im Rahmen von radindividuellen Regelkreisen (Strom, Bremskraft, Bremsmoment, etc.) angesteuert werden. Die Steuereinrichtung 10, dort der Mikrocomputer 14, umfaßt Programme, die neben den herkömmlichen Funktionen wie ABS, ASR etc. auch die Bremskraftverteilung zwi-

ischen Vorder- und Hinterachse des Fahrzeugs regeln. Dabei wird zwischen Geradeausfahrt und Kurvenfahrt unterschieden. Die Kurvenerkennung erfolgt dabei mit aus dem Stand der Technik bekannten Vorgehensweisen. Zum einen kann eine Kurvenfahrt durch Auswerten eines Lenkwinkelsensors, eines Querbeschleunigungssensors und/oder eines Gierratesensors ermittelt werden, andererseits durch bekannte Maßnahmen aus der Drehzahldifferenz der Fahrzeugräder. Wird Geradeausfahrt erkannt, so wird die aus dem Technik bekannte Regelung der Hinterachse nach dem Select-Low-Prinzip durchgeführt. Dies bedeutet, daß der Hinterachsbremsdruck nach Maßgabe der Differenz zwischen dem schnellsten Vorderrad und dem langsamsten Hinterrad beeinflußt wird. Dadurch werden beispielsweise durch Bodenstörungen hervorgerufene, einseitige Druckabbauten in der Hinterachse verhindert. Das durch einseitige Druckabbauten entstehende Giermoment, welches zu einer Destabilisierung des Fahrzeugs führen kann, wird somit verhindert. Im Gegensatz dazu wird bei erkannter Kurvenfahrt eine andere Regelstrategie verfolgt, indem die Hinterräder radindividuell geregelt werden. Es wird die Differenzgeschwindigkeit zwischen jeder Hinterraddrehzahl und der Geschwindigkeit des schnellsten Vorderrades gebildet und die Hinterachsbremsdrücke derart eingestellt, daß ein bestimmter Grenzwert eingehalten wird.

Durch die radindividuelle Regelung an der Hinterachse während einer Kurvenfahrt werden die eingangs genannten Vorteile, insbesondere das dem Giermoment entgegengesetzte Bremsmoment, erreicht. Die Kombination dieser Maßnahmen führt zu einem verbesserten Bremsverhalten und zu einem Gewinn an Stabilität bei Geradeausfahrt und bei Kurvenfahrt.

Im bevorzugten Ausführungsbeispiel wird die erfundungsgemäße Lösung im Rahmen von Programmen des Mikrocomputers 14 realisiert. Fig. 2 zeigt ein Flußdiagramm, welches die grundsätzliche Struktur des Programms zur Regelung der Bremskraftverteilung zwischen Vorder- und Hinterachse skizziert. Nach Start des Programms wird im ersten Schritt 100 überprüft, ob die Fahrzeuggeschwindigkeit VFZG einen vorbestimmten Grenzwert V\_EBV (z. B. 3 km/h) überschritten hat. Überschreitet die Fahrzeuggeschwindigkeit den vorgegebenen Schwellwert V\_EBV nicht, wird das Programm beendet und zu vorgegebener Zeit erneut durchlaufen. Hat Schritt 100 ergeben, daß die Fahrzeuggeschwindigkeit größer als die Mindestregelgeschwindigkeit V\_EBV ist, wird im darauffolgenden Schritt 102 anhand gesetzter Marken überprüft, ob ein Hinterrad sich in der ABS-Regelung befindet. Ist dies der Fall, wird die Regelung der Bremskraftverteilung nicht durchgeführt, das Programm beendet und zu vorgegebener Zeit erneut durchlaufen. Befindet sich kein Hinterrad in der ABS-Regelung, wird im Schritt 104 abgefragt, ob beide Vorderräder sich in ABS-Regelung befinden. Ist dies der Fall, wird im Schritt 106 Druck an der Hinterachse durch eine vorgegebene Pulsreihe aufgebaut, um den Druck an den Hinterrädern den an den Vorderrädern anzugeleichen. Nach Schritt 106 wird das Programm beendet und zu vorgegebener Zeit erneut durchlaufen. Sind nicht beide Vorderräder in der ABS-Regelung, wird werden im Schritt 108 die zur Durchführung der Regelung notwendigen Größen eingelesen: Fahrzeuggeschwindigkeit VFZG, Geschwindigkeit des rechten Vorderrades VVR, Geschwindigkeit des linken Vorderrades VVL, Geschwindigkeit des linken Hinterrades VHL, Geschwindigkeit des rechten Hinterrades VHR sowie die Information, ob eine Kurvenfahrt vorliegt. Im darauffolgenden Schritt 110 wird die schnellste Vorderradgeschwindigkeit VmaxVA als Maximalwertauswahl der Geschwindigkeiten des rechten und linken Vorderrades ermittelt. Daraufhin wird im Schritt 112 überprüft, ob

sich das Fahrzeug in einer Kurvenfahrt befindet. Ist dies nicht der Fall, wird zur Steuerung des Hinterachsbremsdrucks bei Geradeausfahrt der in Fig. 7 skizzierte Programmteil eingeleitet. Befindet sich das Fahrzeug auf einer Kurvenfahrt, wird der in Fig. 3 oder 5 dargestellte Programmteil eingeleitet. Nach der Steuerung des Hinterachsdrucks gemäß den Programmteilen nach den Fig. 3, 5 oder 7 wird das Programm beendet und zu vorgegebener Zeit erneut durchlaufen.

- 10 Die Steuerung des Bremsdrucks in den Hinterachsbremsen bei einer Kurvenfahrt ist im Rahmen eines ersten Ausführungsbeispiels in Fig. 3 und 4 dargestellt. Die Hinterachsbremsen werden einzeln im Verhältnis zu den Vorderrädern geregelt. Überschreitet die Differenz zwischen der Geschwindigkeit eines Hinterrads und dem schnellsten Vorderrad einen bestimmten Grenzwert, wird der Druck in diesem Hinterrad begrenzt. Wird ein zweiter Grenzwert oberhalb des ersten Grenzwertes überschritten, so erfolgt eine Abbaupulsreihe. Die Abbaupulsreihe läuft so lange, bis der zweite Grenzwert wieder unterschritten wird. Ein Druckaufbau erfolgt nach Unterschreiten des ersten Grenzwertes abzüglich einer Hysterese.
- 15
- 20

Eine bevorzugte Realisierungsform dieser Vorgehensweise ist am Beispiel des linken Hinterrades in Fig. 3 skizziert. Ein entsprechender Programmteil wird für das rechte Hinterrad durchlaufen. Im ersten Schritt 200 wird die Differenzgeschwindigkeit  $\Delta VL$  zwischen der Geschwindigkeit des schnellsten Vorderrades VmaxVA und der Geschwindigkeit VHL des linken Hinterrades gebildet. Im darauffolgenden Schritt 202 wird überprüft, ob die Differenzgeschwindigkeit größer als ein Grenzwert  $\Delta 2$  ist. Ist dies nicht der Fall, wird im Schritt 204 überprüft, ob der EV-Merkers gesetzt ist. Die Bedeutung dieses Markers wird weiter unten beschrieben. Ist der Merker nicht gesetzt, d. h. befindet sich das System im aufsteigenden Teil der Kurve nach Fig. 4 unterhalb der Schwelle  $\Delta 3$  (Bereich 1) wird kontinuierlich gemäß Schritt 206 Druck aufgebaut. Dies erfolgt im bevorzugten Ausführungsbeispiel einer hydraulischen Bremsanlage dadurch, daß das Einlaßventil der entsprechenden Radbremse offen ist. Nach Schritt 206 wird gemäß Fig. 2 fortgefahren.

Hat Schritt 204 ergeben, daß der Merker gesetzt ist, d. h. daß die Schwelle  $\Delta 2$  bereits überschritten war, wird im darauffolgenden Schritt 208 abgefragt, ob die Differenzgeschwindigkeit größer als  $\Delta 3$  ist, der betragsmäßig kleiner als  $\Delta 2$  ist. Ist die Differenzgeschwindigkeit kleiner oder gleich  $\Delta 3$ , d. h. ist sie unter diesen Wert gefallen (Bereich 5 in Fig. 4), wird gemäß Schritt 210 zum Druckgleich an den Bremsdruck an den Vorderrädern durch gepulste Ansteuerung des Einlaßventils mit einer vorgegebenen Pulsreihe Druck aufgebaut und im folgenden Schritt 212 der Merker zurückgesetzt. Nach Schritt 212 wird gemäß Fig. 2 fortgefahren.

Ist die Differenzgeschwindigkeit größer als  $\Delta 3$  (Bereich 4 in Fig. 4) wird gemäß Schritt 214 durch Schließen des Einlaßventils der Druck gehalten. Nach Schritt 214 wird gemäß Fig. 2 fortgefahren.

Ist Schritt 202 ergeben, daß die Differenz den Grenzwert  $\Delta 2$  überschreitet, wird im Schritt 216 der Merker gesetzt. Daraufhin wird im Abfrageschritt 218 überprüft, ob die Differenz einen betragsmäßig größeren Grenzwert  $\Delta 1$  überschreitet.

Ist dies nicht der Fall (Bereich 2 oder 4B in Fig. 4), wird der Bremsdruck gemäß Schritt 214 gehalten. Wurde im Schritt 218 festgestellt, daß die Differenz größer als der Grenzwert  $\Delta 1$  ist (Bereich 3 in Fig. 4), wird im darauffolgenden Schritt 220 Bremsdruck abgebaut. Dies erfolgt in bevorzugtem Ausführungsbeispiel durch Ansteuern des ent-

sprechenden Auslaßventils mit Pulsen vorgegebener Länge. Nach den Schritt 220 wird gemäß Fig. 2 fortgefahren.

Die Wirkungsweise des in Fig. 3 dargestellten Ausführungsbeispiels ist im Zeitdiagramm nach Fig. 4 verdeutlicht. Dabei wird der Verlauf der Geschwindigkeitsdifferenz  $\Delta V$  über der Zeit dargestellt. Zunächst befindet sich die Geschwindigkeitsdifferenz unterhalb des Grenzwertes  $\Delta 3$ . Dies bedeutet, daß durch das offene Einlaßventil Druck aufgebaut wird. Entsprechend erhöht sich die Geschwindigkeitsdifferenz, bis der zweite Schwellwert  $\Delta 2$  überschritten wird. In diesem Fall wird gemäß der vorstehend dargestellten Beschreibung der Bremsdruck gehalten, indem Einlaß- und Auslaßventil geschlossen sind. In dem in Fig. 4 dargestellten Beispiel steigt die Differenz weiter an. Zu einem bestimmten Zeitpunkt überschreitet die Differenz den obersten Grenzwert  $\Delta 1$ . Dies führt zu einem gepulsten Druckabbau durch Ansteuern des Auslaßventils. Die Geschwindigkeitsdifferenz nimmt ab. Bei erneutem Unterschreiten des Grenzwertes  $\Delta 1$  wird der Druckabbau gestoppt und der Bremsdruck gehalten. Die Haltephase des Bremsdrucks dauert bis zum erneuten Unterschreiten des Schwellwertes  $\Delta 3$ . Wird dieser Schwellwert unterschritten, so wird durch Öffnen des Einlaßventils Druck wieder aufgebaut.

Durch die beschriebene Vorgehensweise wird für jedes Rad getrennt während einer Kurvenfahrt die Bremsdrücke an den Hinterachsbremsen nach Maßgabe der Differenz zwischen der Geschwindigkeit des jeweiligen Hinterrades und des schnellsten Vorderrades eingestellt.

Im Rahmen eines zweiten Ausführungsbeispiels, welches in den Fig. 5 und 6 dargestellt ist, werden statt festen Schwellwerten eine dynamische Regelung in einem Schlupfband eingesetzt. Dazu wird in einem vorgegebenen Band der Geschwindigkeitsdifferenz der Raddruck gehalten. Unterhalb dieses Bandes erfolgt ein Aufbau, oberhalb ein Abbau. Aufbau und Abbau sind dabei dynamisch, d. h. je weiter sich die Regelgröße (Geschwindigkeitsdifferenz) im Druckaufbau – oder im Druckabbau befindet, desto schneller erfolgt der entsprechende Druckaufbau bzw. -abbau.

In Fig. 5 ist ein Flußdiagramm dargestellt, welches eine Realisierung des zweiten Ausführungsbeispiels als Rechnerprogramm beschreibt. Das Flußdiagramm in Fig. 5 ist am Beispiel eines rechten Hinterrades dargestellt. Ein entsprechender Programmteil existiert auch für das linke Hinterrad. Im ersten Schritt 300 wird die Geschwindigkeitsdifferenz  $\Delta VR$  zwischen dem schnellsten Vorderrad  $V_{max VA}$  und der Geschwindigkeit des rechten Hinterrades  $V_{HR}$  berechnet. Im ersten Abfrageschritt 302 wird überprüft, ob die Geschwindigkeitsdifferenz den betragsmäßig kleinsten Grenzwert  $\Delta 4$  überschreitet. Ist dies nicht der Fall (Bereich 1 in Fig. 6), wird gemäß Schritt 304 ein nachfolgend beschriebener Merker zurückgesetzt und im Schritt 306 kontinuierlich Druck durch das offene Einlaßventil aufgebaut. Danach mit dem Programm nach Fig. 2 fortgefahren. Ist die Geschwindigkeitsdifferenz größer als der Grenzwert  $\Delta 4$ , wird im Abfrageschritt 308 überprüft, ob sie größer als der Grenzwert  $\Delta 3$  ist. Ist dies nicht der Fall, d. h. befindet sich die Geschwindigkeitsdifferenz zwischen den Grenzwerten  $\Delta 3$  und  $\Delta 4$ , wird im Schritt 310 überprüft, ob der Merker gesetzt ist. Ist er nicht gesetzt, befindet sich das System im Bereich steigender Differenz (vgl. Bereich 2 in Fig. 6), so daß Druck gemäß Schritt 306 aufgebaut wird.

Ist der Merker gesetzt, fällt die Differenz ab, wird im Schritt 312 abgefragt, ob der Schwellwert  $\Delta 3'$ , der etwas unterhalb des Schwellwerts  $\Delta 3$  liegt, überschritten ist. Ist dies der Fall (Bereich 6 in Fig. 6), wird im Schritt 314 Druck durch gepulstes Ansteuern des Einlaßventils aufgebaut. Die Pulslängen sind abhängig vom Wert der Geschwindigkeits-

differenz. Sie nehmen mit steigender Geschwindigkeitsdifferenz ab. Dies bedeutet, daß der Druckaufbau langsamer wird, je größer die Geschwindigkeitsdifferenz wird und je näher die Geschwindigkeitsdifferenz an das Sollwertband 5 geführt wird. Danach wird mit dem Programm nach Fig. 2 fortgefahren.

Ist die Geschwindigkeitsdifferenz gemäß Schritt 312 größer als der Schwellwert  $\Delta 3'$  (Bereich 5 in Fig. 6), wird im Schritt 316 der Raddruck gehalten. Einlaß- und Auslaßventil sind dabei geschlossen. Danach wird mit dem Programm 10 nach Fig. 2 fortgefahren.

Hat die Geschwindigkeitsdifferenz auch den Grenzwert  $\Delta 3$  überschritten (Schritt 308, Bereiche 3 und 4 in Fig. 6), wird gemäß Schritt 318 der Merker gesetzt. Darauf wird im Schritt 320 überprüft, ob die Geschwindigkeitsdifferenz den Grenzwert  $\Delta 2$  überschreitet. Ist dies nicht der Fall, befindet sich die Geschwindigkeitsdifferenz im vorgegebenen Sollwertband (Bereich 3 in Fig. 6), so wird gemäß Schritt 316 der Druck gehalten. Hat die Geschwindigkeitsdifferenz den 20 Schwellwert  $\Delta 2$  überschritten, wird im darauffolgenden Schritt 322 Druck abgebaut. Dies erfolgt dadurch, daß ein Auslaßventil mit Pulsen vorgegebener Länge angesteuert wird. Auch hier sind die Pulslängen abhängig vom Wert der Geschwindigkeitsdifferenz, wobei hier mit größer werden- 25 der Geschwindigkeitsdifferenz die Pulslängen größer werden. Dies bedeutet, daß mit größer werdender Geschwindigkeitsdifferenz der Bremsdruckabbau schneller erfolgt, während er in der Nähe des Sollwertbandes langsamer durchgeführt wird. Danach wird mit dem Programm nach Fig. 2 30 fortgefahren.

Die Grenzwert  $\Delta 2$  und  $\Delta 3$  fallen in einem Ausführungsbeispiel zusammen, so daß dort kein Sollwertband, sondern ein fester Sollwert vorgegeben wird. Der Grenzwert  $\Delta 3'$  bildet eine Hysterese zwischen an- und absteigender Differenz. 35 In einem Ausführungsbeispiel wird auf diese Hysterese verzichtet, so daß der Grenzwert  $\Delta 3'$  mit dem Wert  $\Delta 3$  zusammenfällt.

Die Wirkungsweise des zweiten Ausführungsbeispiels der erfindungsgemäßen Lösung ist im Zeitdiagramm nach 40 Fig. 6 verdeutlicht. Auch hier ist der Verlauf der Geschwindigkeitsdifferenz über der Zeit aufgetragen. Zunächst sei die Geschwindigkeitsdifferenz unterhalb des Grenzwertes  $\Delta 3$ . Der Bremsdruckaufbau erfolgt dabei schnellstmöglich, indem das Einlaßventil vollständig geöffnet ist. Dadurch nimmt die Geschwindigkeitsdifferenz zwischen Vorder- und Hinterrad zu. Nach Überschreiten des Grenzwertes  $\Delta 3$  tritt die Geschwindigkeitsdifferenz in den Sollbereich ein, so daß durch Schließen von Einlaß- und Auslaßventil der Bremsdruck gehalten wird. Überschreitet die Geschwindigkeitsdifferenz den oberen Grenzwert  $\Delta 2$  des Sollbandes, wird Bremsdruck abgebaut. Durch gepulstes Ansteuern des Auslaßventils wird der Bremsdruckabbau mit zunehmender Radgeschwindigkeitsdifferenz schneller. Dabei kann die Pausenzeit zwischen den Pulsen nahezu Null werden, so daß 45 das Auslaßventil ständig geöffnet sein kann. Bei erneutem Unterschreiten des Grenzwertes  $\Delta 2$  nach Absinken der Geschwindigkeitsdifferenz wird der Druck gehalten. Bei Unterschreiten des Grenzwertes  $\Delta 3'$  wird Druck wieder aufgebaut. Der Druckaufbau wird mit abnehmender Geschwindigkeitsdifferenz schneller. Bei Unterschreiten des Grenzwertes  $\Delta 4$  wird bei offenem Einlaßventil der Bremsdruckabbau schnellstmöglich vorgenommen.

Die aus dem Stand der Technik bekannte Vorgehensweise bei Geradeausfahrt ist als Flußdiagramm in Fig. 7 dargestellt. Dort wird im ersten Schritt 400 das langsamste Hinterrad durch eine Minimalwertauswahl der Geschwindigkeiten des linken und des rechten Hinterrades ausgewählt. Im darauf folgenden Schritt 402 wird die Differenz  $\Delta V$  zw-

schen der Geschwindigkeit des schnellsten Vorderrades  $V_{maxVA}$  und der Geschwindigkeit des langsamsten Hinterrades  $V_{minHA}$  gebildet und im darauffolgenden Schritt 404 der Druck an beiden Hinterradbremsen abhängig von der Größe der Differenz  $\Delta V$  gesteuert. Dabei wird bei Unterschreiten eines Sollwertbandes für die Differenz oder eines Sollwerts Druck aufgebaut, bei Überschreiten abgebaut, innerhalb des Sollwertbandes Druck gehalten.

In Fig. 8 sind die vorteilhaften Wirkungen der erfindungsgemäßen Lösung dargestellt. Fig. 8a zeigt die Geradeausfahrt, bei der die Geschwindigkeitsdifferenz zwischen dem langsamsten Hinterrad durch Bremsdrucksteuerung in beiden Hinterrädern auf einen Sollwert eingeregt wird. Dies führt zu gleichen Bremskräften auf beiden Seiten.

In Fig. 8b ist die Kurvenfahrt dargestellt, bei welcher erfindungsgemäß eine Individualregelung der Hinterradbremsen in Bezug auf das schnellste Vorderrad durchgeführt wird. Dabei stellt sich automatisch eine Druckdifferenz vom Kurvenaußenrad zum Kurveninnenrad ein und dabei unterschiedliche Bremskräfte  $FBKJ$  und  $FBKA$ . Durch die daraus entstehende größere Bremskraft  $FBKA$  am kurvenäußersten Rad entsteht ein rückdrehendes Moment  $MBrems$ , welches dem Giermoment  $MGier$  entgegenwirkt.

Da das kurvenäußere Rad die Seitenführung übernimmt, muß dieses empfindlicher als das kurveninnere Rad auf einen Grenzwert der Geschwindigkeitsdifferenz zum schnellsten Vorderrad hin überwacht werden. Dies bedeutet, daß die Schwellwerte  $\Delta 1$  bis  $\Delta 4$  (bzw.  $\Delta 1$  bis  $\Delta 3$  im ersten Ausführungsbeispiel) abhängig von der Richtung der Kurve gewählt werden, wobei für das kurvenäußere Rad das Sollband (bzw. die Hysterese), in welchem der Bremsdruck gehalten wird, kleiner ist, als für das Kurveninnere. Bremsdruckaufbau bzw. -abbau erfolgt daher am kurvenäußersten Rad empfindlicher (Aufbau bei größerer Differenz, Abbau bei kleinerer Differenz) als am kurveninneren Rad.

Die erfindungsgemäße Lösung wurde am Beispiel einer Druckmittelbremsanlage beschrieben. Die entsprechende Lösung wird auch im Zusammenhang mit einer Bremsanlage mit elektromechanischer Zuspansung eingesetzt. Dabei wird statt Bremsdruck Bremskraft oder Bremsmoment durch Ansteuern von Elektromotoren aufgebaut, abgebaut oder gehalten.

Neben der Differenzbildung zwischen den Geschwindigkeiten der Hinterräder und dem schnellsten Vorderrad wird in einem anderen Ausführungsbeispiel die Differenz zu einer anderen Vorderradgeschwindigkeit, z. B. zu einem Mittelwert der Geschwindigkeiten der Vorderräder, gebildet.

#### Patentansprüche

1. Verfahren zur Steuerung der Bremskraftverteilung bei einem Fahrzeug zwischen Vorder- und Hinterrachse, wo bei die an den Hinterrädern auftretende Bremskraft abhängig von der Geschwindigkeit wenigstens eines Vorderrades verändert wird, dadurch gekennzeichnet, daß die Bremskraft an den Hinterrädern für jedes Hinterrad einzeln derart eingestellt wird, daß die Differenz zwischen der Geschwindigkeit dieses Hinterrads und einer Vorderradgeschwindigkeit vorbestimmte Werte einnimmt.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die individuelle Bremskraftregelung der beiden Hinterräder bei Kurvenfahrt durchgeführt wird.
3. Verfahren zur Steuerung der Bremskraftverteilung bei einem Fahrzeug zwischen Vorder- und Hinterrachse, wobei bei einem Bremsvorgang die wenigstens die an den Hinterrädern auftretende Bremskraft verändert wird, dadurch gekennzeichnet, daß bei Geradeausfahrt

die Bremskraft an allen Hinterrädern gemeinsam, bei Kurvenfahrt in jeden Hinterrad individuell gesteuert wird.

4. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß während einer Kurvenfahrt die Regelung am kurvenäußersten Rad empfindlicher ist als am kurveninneren.

5. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß für jedes Hinterrad die Differenz zwischen der Geschwindigkeit des Hinterrades und dem schnellsten Vorderrad gebildet wird und abhängig von dieser Differenz im Vergleich zu vorgegebenen Grenzwerten Druck aufgebaut, Druck abgebaut oder Druck gehalten wird.

6. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß abhängig von der Differenz zwischen der Geschwindigkeit eines Hinterrades und dem schnellsten Vorderrad Schlupfbänder vorgegeben sind, wobei in einem vorgegebenen Band die Bremskraft gehalten, unterhalb dieses Bandes die Bremskraft aufgebaut, oberhalb abgebaut wird.

7. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Änderungsrate des Aufbaus bzw. des Abbaus der Bremskraft dynamisch ist, wobei mit steigender Entfernung vom Sollwert für die Geschwindigkeitsdifferenz der Druckaufbau bzw. -abbau schneller erfolgt.

8. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß Grenzwerte vorgesehen sind, bei deren Überschreiten der Bremsdruckabbau bzw. der Bremsdruckaufbau so schnell wie möglich erfolgt.

9. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Bremsanlage eine hydraulische, eine pneumatische, eine elektrisch gesteuerte Bremsanlage oder eine Bremsanlage mit elektrischer Zuspansung ist.

10. Vorrichtung zur Steuerung der Bremskraftverteilung bei einem Fahrzeug zwischen Vorder- und Hinterrachse, mit einer elektronischen Steuereinheit, welche Signale bezüglich der Geschwindigkeiten der Räder empfängt, wobei die Steuereinheit Mittel umfaßt, welche die Bremskraft an den Hinterrädern des Fahrzeugs nach Maßgabe der Geschwindigkeit wenigstens eines Vorderrades steuert, dadurch gekennzeichnet, daß die Steuereinheit Mittel umfaßt, welche die Bremskraft an jedem Hinterrad einzeln derart einstellt, daß die Differenz zwischen der Geschwindigkeit dieses Hinterrads und einer Vorderradgeschwindigkeit vorbestimmte Werte einnimmt.

Hierzu 7 Seite(n) Zeichnungen

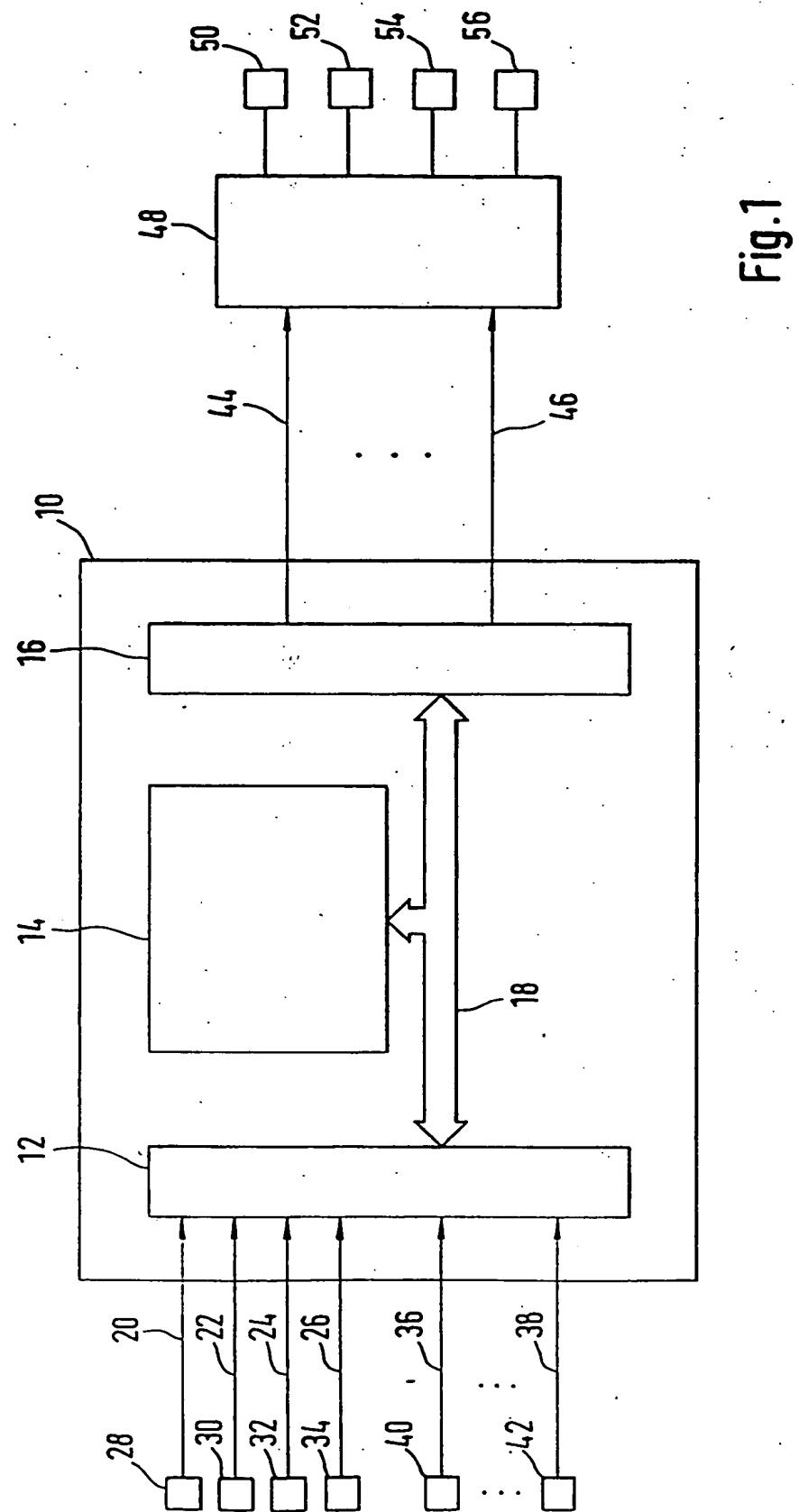


Fig. 1

Fig. 2

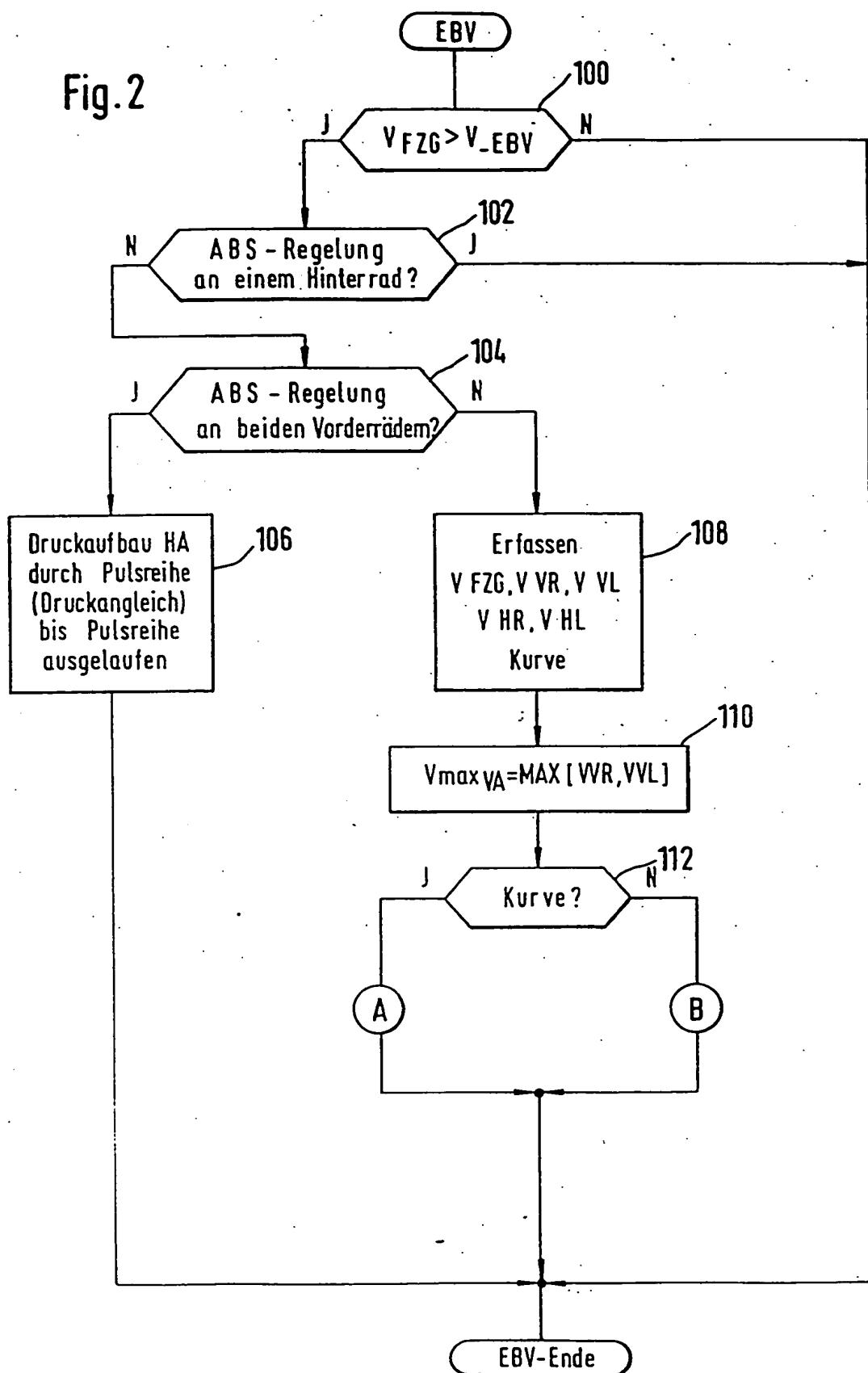


Fig.3

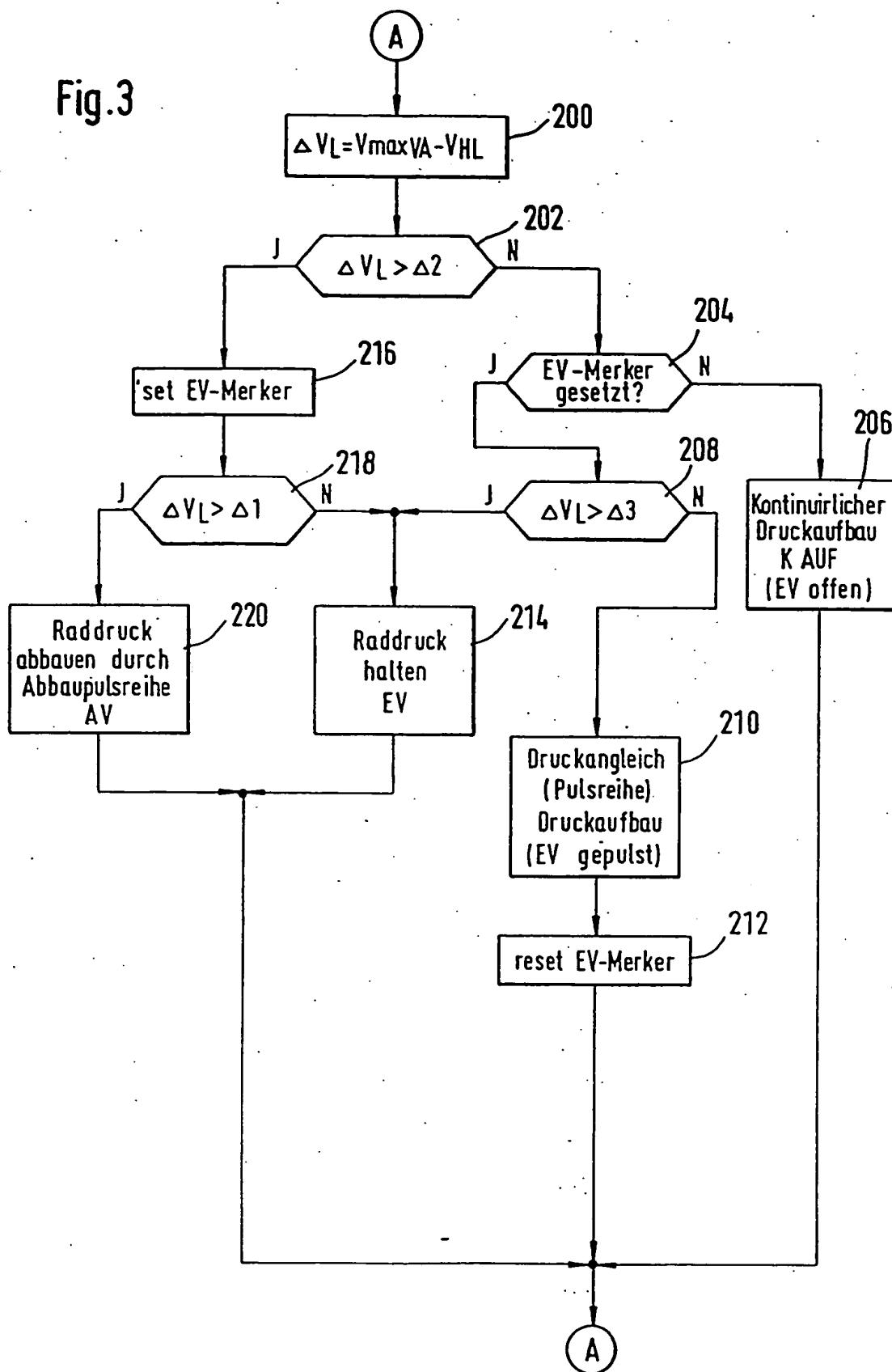


Fig. 2

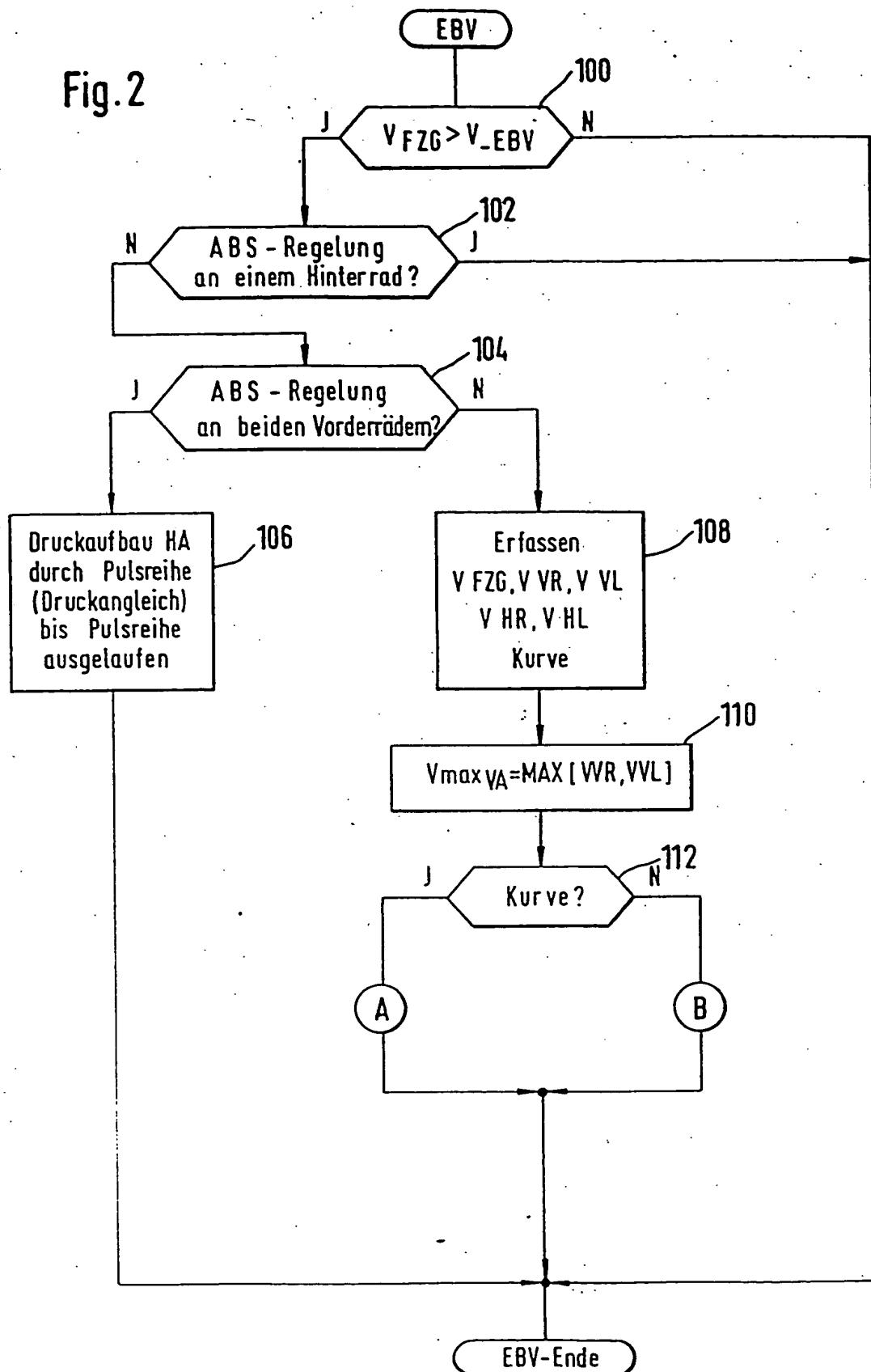
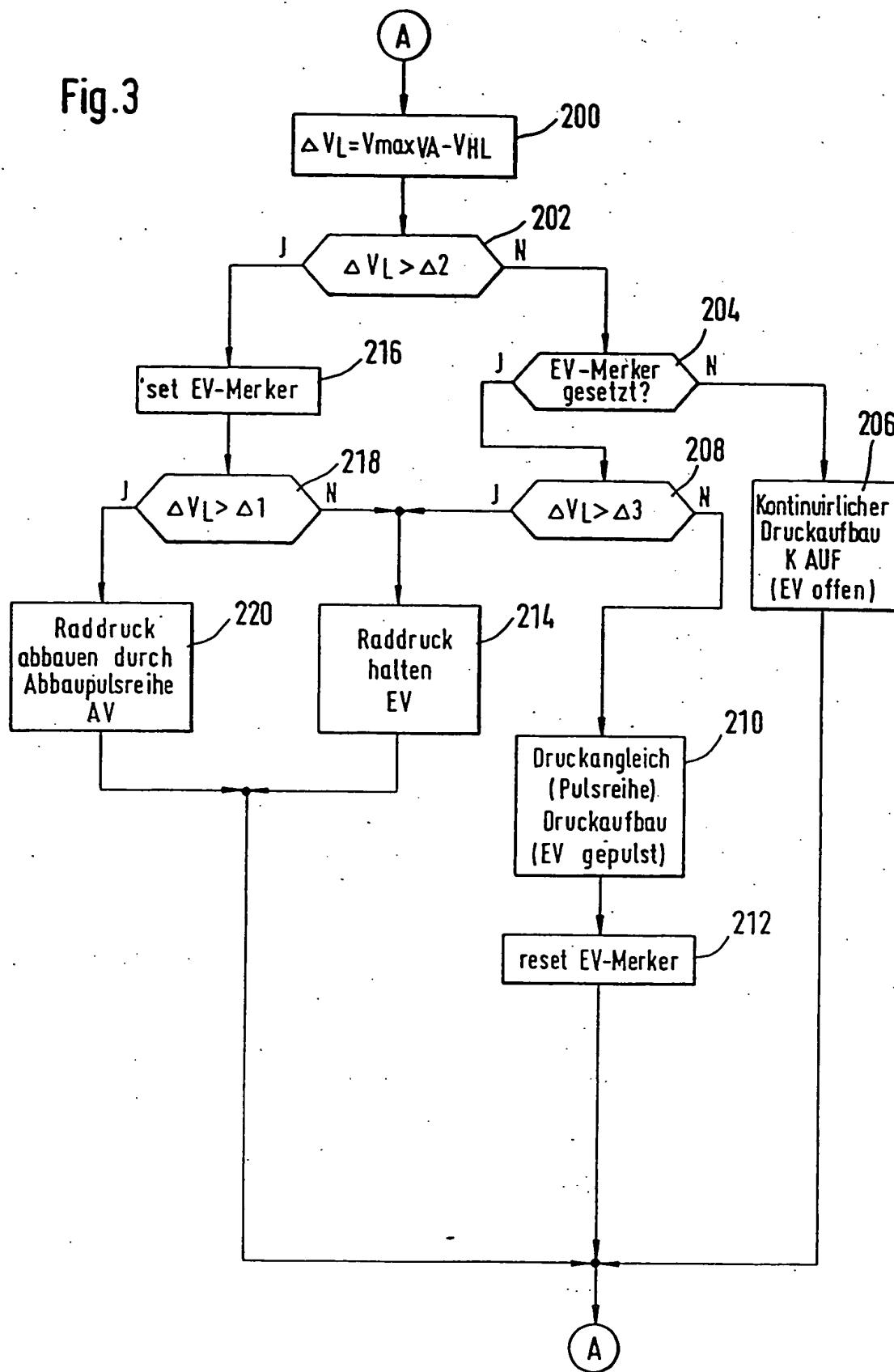


Fig. 3



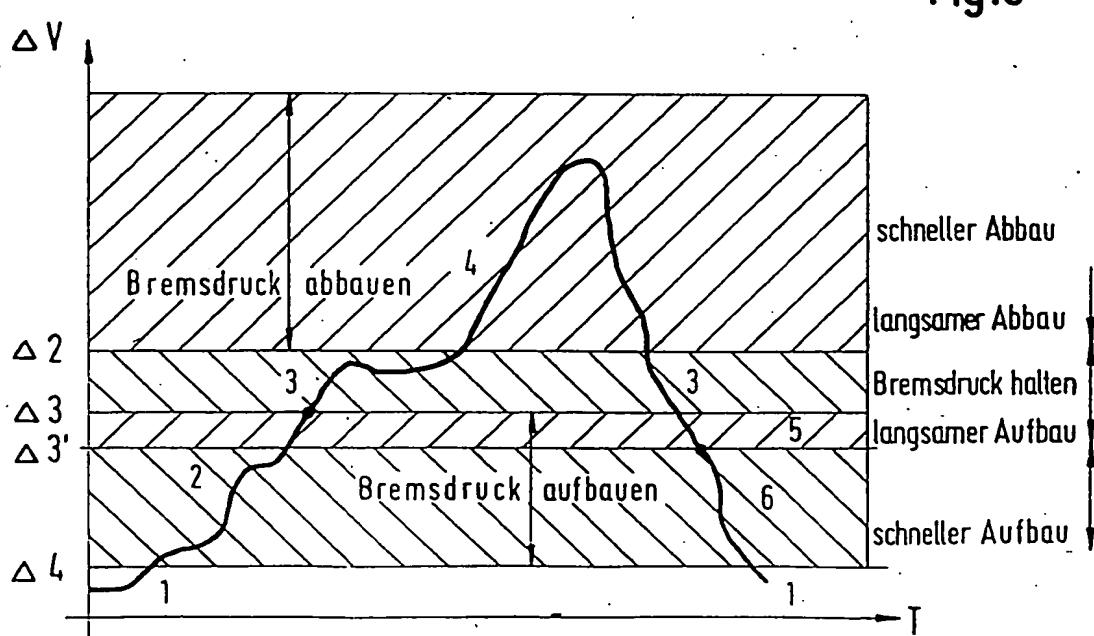
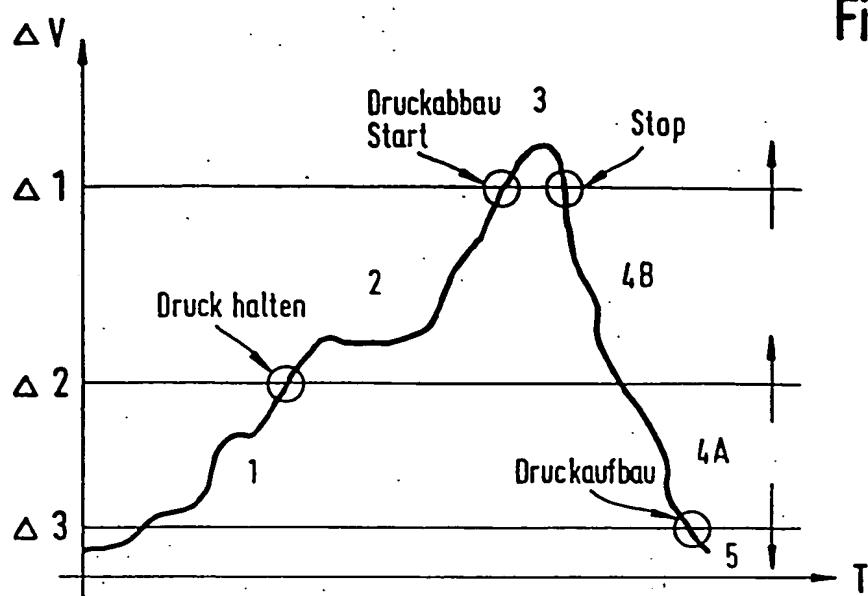


Fig. 5

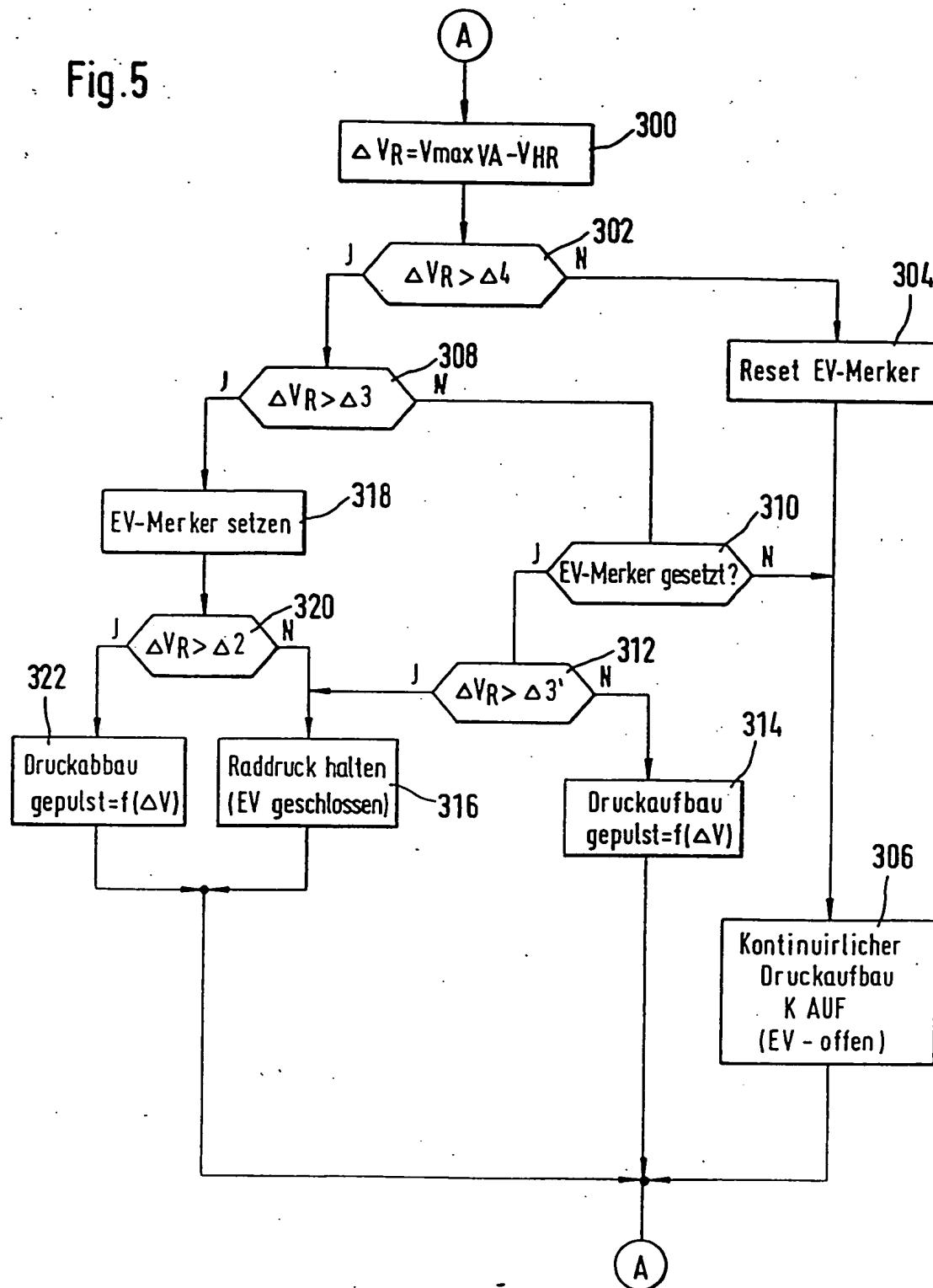


Fig.7

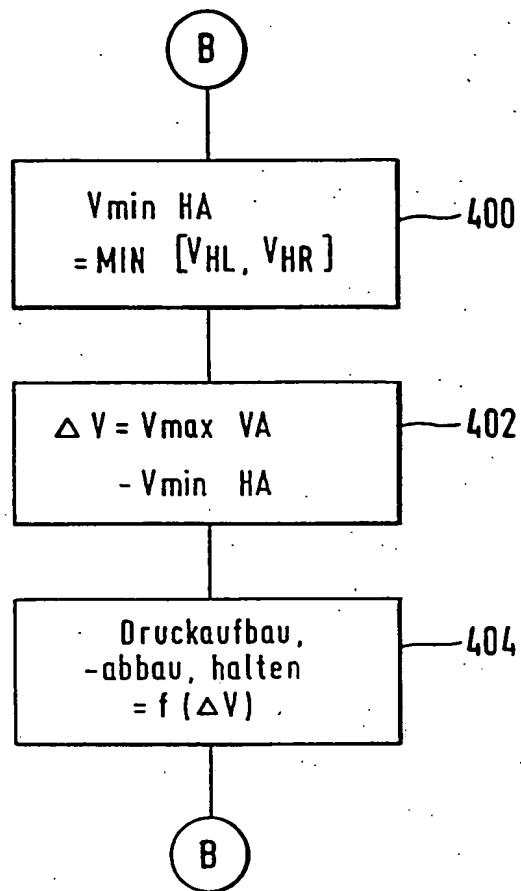


Fig. 8a

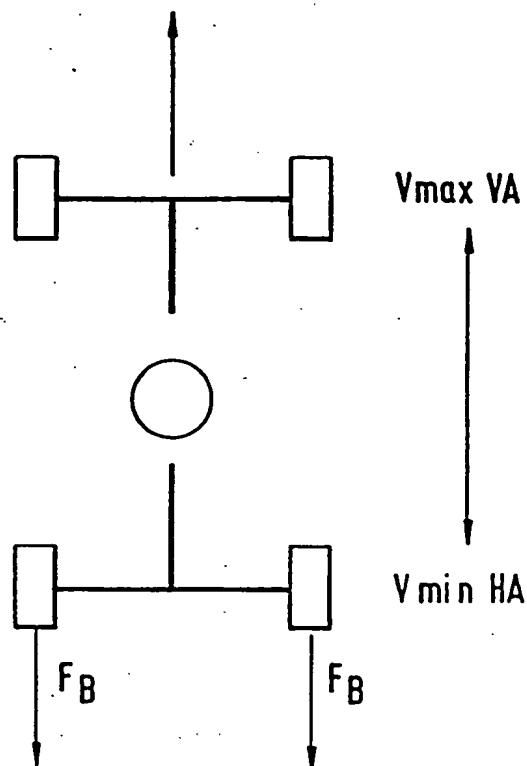


Fig. 8b

